



Cirad  
Campus de Baillarguet

34 398 MONTPELLIER Cedex 5  
France

# **Les variations saisonnières de la reproduction des bovins domestiques en zone tropicale - Synthèse**

Par *Christian Meyer*

UR18 Systèmes d'élevage et produits animaux, Dep. Environnement et Société, Cirad, TA  
C18/A, BP 5035, 34 398 Montpellier Cedex 5, France

Juillet 2009

## RESUME

En zone tropicale, les climats sont variés. L'environnement agit sur la reproduction par voie nerveuse et par voie hormonale. Les températures élevées, dépassant une température critique qui dépend de la race (stress thermique), sont nuisibles aux performances de reproduction et aux productions des bovins. Elles peuvent retarder la maturité sexuelle, diminuer la durée des chaleurs (12-13 heures au lieu de 18 pour des races tempérées) et leur intensité, augmenter la mortalité embryonnaire, et nuire à la quantité et à la qualité des spermatozoïdes. Même lorsque les bovins peuvent être sexuellement actifs toute l'année, les performances de reproduction varient en fonction des saisons. Ces variations dépendent aussi de la race des bovins. Elles sont liées d'une part aux facteurs du climat (température et humidité surtout), d'autre part aux disponibilités alimentaires et aux pathologies.

Pour limiter l'effet des températures élevées et des saisons sur la reproduction, plusieurs mesures peuvent être mises en œuvre telles que tenir compte des températures, abriter, doucher ou baigner les animaux, ventiler les locaux, supplémenter l'alimentation en certaines saisons et autour de la fécondation, synchroniser les chaleurs pour bénéficier de saisons favorables, sélectionner, etc. Le résultat est un compromis entre le coût des mesures prises et les bénéfices qui en résultent. Le choix de la période optimale de mise à la reproduction, doit tenir compte des quantités de produits disponibles et de leurs prix au moment de la vente.

**Mots-clés :** Climat – Température - Variation saisonnière – Reproduction – Bovin - Zone tropicale.

## The seasonal variations of reproduction of domestic cattle in the tropics. Review

### SUMMARY

In the tropics, there are various climates. The environmental factors modify the reproduction patterns through the nervous way and the hormonal way. The hot temperatures, higher than a critical temperature depending on the breed (thermic stress), are detrimental to the reproduction performances and the productions of cattle. They can delay the puberty, lower the length of oestrus (12-13 hours instead of 18 hours for temperate breeds) and its intensity, rise the embryonic mortality, and alter the quantity and quality of sperms. Even when the cattle are sexually active all the year around, the reproduction performances vary according to the seasons and the breeds of cattle. The variations are also linked to climate characteristics (mainly temperature and humidity), feed availability and pathology.

To limit the effects of the high temperatures and the seasons on reproduction, several measures can be taken such as taking in account the temperatures, providing shelters, spaying or bathing the animals, ventilating the dwellings, giving supplementation during some seasons and around the fecundation, synchronizing the heats to benefit of favourable seasons, selecting, etc. The result is a compromise between the cost of the measures and the profit received. For the choice of the optimal season to reproduce the animals, it is necessary to take in account the quantity of produces available and they price at the time they are sold.

**Keywords :** Climate – Temperature – Seasonal variation – Reproduction – Cattle - Tropics.

## INTRODUCTION

La reproduction est un critère économique important pour l'élevage. Elle participe fortement à la rentabilité de l'élevage. Mais elle connaît d'importantes variations saisonnières chez les bovins domestiques, particulièrement en milieu tropical.

La synthèse présente se propose de présenter ces variations, leurs causes ou leurs facteurs et les moyens pouvant être mis en œuvre pour limiter ces variations.

## I. LE CLIMAT DES ZONES TROPICALES

Les zones tropicales sont définies au départ comme celles qui sont comprises **entre les deux tropiques**, le tropique du capricorne à la latitude de 23,5° Sud et le tropique du cancer à la latitude de 23,5° Nord. Les **plantes dites tropicales** ne croissent plus en dessous d'une température inférieure à 10°C, le zéro de végétation. La période active des pâturages dépend de la longueur de la saison humide. Le régime des pluies et les variations interannuelles de la pluviosité interviennent aussi sur la répartition des pâturages (12, 17).

### A. Les paramètres du climat

#### La pluviométrie

C'est la répartition des pluies dans l'espace et dans le temps. Le régime pluviométrique, ou régime des précipitations (sa répartition saisonnière) est très variable d'un lieu à l'autre et même dans un même lieu, selon le moment.

#### La température

Elle varie avec les latitudes, l'altitude, les saisons, etc.

#### Le rayonnement

Une partie de la lumière visible permet la photosynthèse par les plantes. Le rayonnement reçu par les plantes dépend de la latitude, de la saison et de la couverture nuageuse. En régions tropicales, la durée du jour est proche de 12 heures.

#### Le vent

Le vent agit de 2 manières sur les cultures :

- par l'évapotranspiration,
- par effet mécanique, d'où l'intérêt des brise-vent.

## B. Les climats

C'est surtout la pluviométrie qui marque les types de climats.

### Les climats équatoriaux et tropicaux humides (guinéen forestier)

Ces climats sont toujours pluvieux. Il s'agit d'une part de régions peu élevées situées autour de l'équateur et d'autre part de régions humides à cause de leur topographie ou du couvert végétal. La **pluviométrie est élevée** : plus de 1000 mm par an, et même plus de 2000 mm par an. Le nombre de jours de pluie est très fort : jusqu'à 300 jours par an. La température, forte, varie peu : moyenne annuelle vers 26 ou 27°C. L'ensoleillement est fort.

### Les climats tropicaux à saisons alternées

Ils sont très répandus entre les tropiques. Une saison des pluies de plus de 3 mois alterne avec une saison sèche de plus de 2 mois. En **saison humide**, les températures sont chaudes (25 à 26°C), les pluies fréquentes, accompagnées de coups de vent. En **saison sèche**, les températures sont élevées (28 à 30°C), les pluies rares ou nulles. L'air est sec et le ciel clair.

En Afrique de l'Ouest, la durée de la saison humide diminue du sud au nord, du climat tropical humide au climat sahélien, un climat tropical sec.

Boudet (12) distingue en Afrique les climats suivants dans cette catégorie :

1. Climats tropicaux semi-humides (soudano-guinéen), avec une pluviosité moyenne de 900 à 1 100 mm par an, sur environ 6 mois,
2. Climats tropicaux secs (sahélo-soudanais), avec une pluviosité moyenne de 400 à 1 200 mm par an, sur 4 à 6 mois.

Le **Sahel** est une zone à **climat subdésertique**, à très faible pluviosité, très variable et à longue saison sèche (200 à 400 mm par an en moyenne, mais sur 2 à 4 mois environ), semi-aride. Il est situé en Afrique à la bordure sud du Sahara, de l'Atlantique à la mer Rouge. Le mot Sahel signifie "rivage" (du désert). Les végétaux forment une steppe à plantes herbacées annuelles et riche en épineux.

Certaines zones connaissent 2 saisons de pluies (une « chaude » et une « fraîche ») et 2 saisons sèches dans l'année.

### Les climats tropicaux d'altitude

Dans les Andes, l'Himalaya et certaines autres montagnes, les températures moyennes sont faibles, les écarts de température diurne et le rayonnement élevés. La température baisse de 1°C quand l'altitude augmente de 160 m. La pluviométrie est très variable.

### Les climats désertiques

Ils ont une pluviosité moyenne inférieure à 200 mm, sur 1 à 2 mois, et une saison fraîche pendant la grande saison sèche. Sous les tropiques se trouvent des déserts : Sahara au nord de l'Afrique, désert de Namib au sud. Les pluies sont faibles et irrégulières. La sécheresse est due à l'action des fortes pressions sur le continent et à l'action de courants froids sur les côtes (12, 17) (Tableau I).

## II. MECANISMES DE L'ACTION DE LA SAISON SUR LA REPRODUCTION

### A. Les hormones : contrôle endocrinien de la reproduction

Chez la femelle, l'activité ovarienne est sous le contrôle de plusieurs hormones :

- des hormones gonadotropes, la FSH (hormone folliculo-stimulante) et la LH (hormone lutéinisante) sécrétées par l'hypophyse,
- les hormones stéroïdes, oestradiol et progestérone,
- la prostaglandine F2 alpha sécrétée par l'utérus, et qui lyse le corps jaune.

C'est le **GnRH** (Gonadotropin Releasing Factor) sécrété par l'hypothalamus qui contrôle la sécrétion des hormones gonadotropes par l'hypophyse. Il existe aussi des boucles de rétrocontrôle ; les stéroïdes des ovaires, œstrogène et progestérone agissent au niveau de l'hypothalamus (51).

Sous l'action de la FSH et de la LH, le follicule mûr de l'ovaire sécrète des hormones œstrogènes, dont le type est l'**oestradiol**. Lorsque ces hormones atteignent un niveau suffisant, la muqueuse de l'utérus et du vagin sont modifiées. Ces hormones agissent aussi sur le système nerveux central et entraînent le comportement d'oestrus permettant l'accouplement. Celui-ci est suivi ou non de fécondation. Le pic de LH est suivi de l'ovulation. Après la ponte ovulaire, il se forme un corps jaune sur l'ovaire. Ce corps jaune grossit et sécrète de la **progestérone**.

S'il n'y a pas eu fécondation, l'utérus sécrète de la **prostaglandine F2 alpha** vers le 17<sup>e</sup> jour du cycle. La prostaglandine est lutéolytique. Le corps jaune est lysé et sa sécrétion de progestérone arrêtée. FSH et LH peuvent alors stimuler un autre follicule et le cycle sexuel recommence.

S'il y a eu fécondation, le corps jaune subsiste et continue à sécréter de la **progestérone**, l'hormone principale de la gestation, qui empêche le démarrage d'un nouveau cycle. C'est le corps jaune de gestation (Figures 3 et 4).

Les facteurs de l'environnement interne de l'animal (santé, stade physiologique, état nutritionnel, stress, etc.) et ceux de l'environnement externe (lumière, température ambiante, etc.) agissent sur le système nerveux central qui intervient sur l'hypothalamus par voie nerveuse. **Ils agissent donc sur le système hypothalamo-hypophysaire** (51).

Le résultat est en saison défavorable une **altération de la sécrétion de LH** et des concentrations de progestérone pendant la phase lutéale du cycle oestral., se traduisant par des cyclicités anormales (anoestrus) (59).

Yavas et Walton (63) ont passé en revue les mécanismes hormonaux de la **reprise de la cyclicité postpartum** chez la vache allaitante. Ils ont établi un modèle pour expliquer l'absence de cyclicité. En fin de gestation, GnRH et FSH s'accumulent dans l'hypothalamus et l'hypophyse, qui ne contient pas de LH. Les taux sanguins de FSH et LH sont bas. A la mise bas, le feedback négatif des stéroïdes est levé (plus de placenta et lyse du corps jaune). Les pulses de FSH sont rétablis et libérés dans le sang. Le développement des follicules ovariens reprend. Les follicules dominants sont plus petits que pendant les cycles oestraux normaux. Leur maturation ne se fait pas par insuffisance de LH dans l'hypophyse et de pulses de LH. La concentration sanguine en **LH reste basse** jusqu'au 15<sup>e</sup> jour postpartum en races allaitantes. Ce manque est dû à une diminution du stockage de LH de l'hypophyse car les pulses de GnRH sont absents. La **sensibilité** du générateur de pulse GnRH de l'hypothalamus (oscillateur du noyau arqué) **au feedback négatif de l'oestradiol 17bêta** varie dans le temps et avec la tétée (qui agit sur le cerveau par des peptides opioïdes endogènes et inhibent les décharges de GnRH). Elle augmente avec l'intervalle avec le vêlage.

Entre les 15<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> jours postpartum, la concentration sanguine de LH augmente petit à petit pour atteindre les taux normaux vers le 30<sup>e</sup> jour postpartum. La suppression de la cyclicité dépend alors de la tétée. Après le 30<sup>e</sup> jour postpartum, le générateur de pulse GnRH devient moins sensible au feedback négatif de l'oestradiol 17bêta. **Les pulses de LH se rétablissent**. L'augmentation de la **fréquence des décharges de GnRH et de LH** permet la

maturation du follicule et l'ovulation. Le follicule dominant peut arriver à maturité et sécréter plus d' oestradiol 17bêta. Les pics de FSH et LH peuvent se produire, suivis d'ovulation. En général la **première ovulation** est silencieuse, sans oestrus, par manque de progestérone qui agit avec l' oestradiol 17bêta sur les centres du comportement sexuel du cerveau. Après l'ovulation, le corps jaune est normal, mais le 1<sup>er</sup> cycle est souvent court car la prostaglandine est sécrétée plus tôt par l'utérus (Tableau VI).

L'action des **odeurs** est maintenant reconnue. L'urine des femelles et des mâles contient des **phéromones**, des hormones qui agissent sur d'autres individus. Ce sont des peptides non volatils. Pour qu'ils agissent, l'animal doit être en contact direct avec l'urine. Chez les rongeurs femelles, des phéromones d'initiation déclenchent la puberté et contrôlent l'oestrus. Ces phéromones sont détectées par l'organe voméro-nasal ou organe de Jacobson et sur son centre nerveux, le bulbe olfactif accessoire. Cela explique le « flehmen », le rictus du mâle (y compris du taureau) qui cherche à détecter si une femelle est en chaleurs. Par ce rictus, il facilite l'arrivée des phéromones jusqu'à **l'organe voméro-nasal**. L'information est ensuite transmise au noyau arqué de l'hypothalamus qui sécrète chez la femelle de rongeur de la dopamine libérée dans les vaisseaux du système porte hypophysaire. La dopamine inhibe la sécrétion de **prolactine** par l'hypophyse et diminue la concentration de cette hormone lutéotrope. Il y a diminution du taux sanguin de progestérone, ce qui permet l'augmentation du taux d'oestrogènes et un nouvel oestrus (36).

D'une manière générale, les facteurs de l'environnement agissent sur des centres subcorticaux du cerveau, essentiellement et surtout sur le **mésencéphale antérieur** qui est en rapport direct avec la partie arrière d'hypothalamus. L'hypothalamus contrôle aussi le métabolisme, la température du corps et la pression sanguine qui ont des effets sur la fonction de reproduction. Le comportement d'oestrus semble dépendre d'une partie du **tronc cérébral**, dans la région des corps mamillaires. Quant aux hormones stéroïdes sexuelles, elles sont fixées par certaines cellules de l'aire préoptique (partie médiane), du système limbique, du mésencéphale et de l'hypothalamus. (62).

Leyva-Ocaritz *et al.* (42) ont mis en évidence, sur des vaches Carora (croisées) au Vénézuëla, une augmentation du **cortisol** pendant la saison sèche, saison où le taux de conception est plus faible. Le cortisol est une hormone hyperglycémiant sécrétée par les corticosurrénales. La concentration de progestérone était plus faible aux jours 10, 14 et 15 du cycle sexuel chez les femelles non gravides en saison sèche que chez les femelles en gestation. Une corrélation négative entre taux de cortisol et taux de progestérone a été constatée chez les femelles non gravides en saison sèche. Selon ces auteurs, les taux élevés de cortisol pourraient diminuer le niveau de sécrétion de progestérone par le corps jaune et expliquer l'action de cette saison sur les performances de reproduction. Toutefois, le mode d'action précis des facteurs de l'environnement sur le cortex cérébral n'est pas décrit avec précision dans la littérature consultée.

Au point de vue comparé (évolutif), le cerveau de mammifère comporte 3 parties :

- le cerveau reptilien, ou archi-cerveau, faisant partie du mésencéphale ; réduit chez les mammifères, il règle des fonctions instinctives telles que l'attribution du territoire, la chasse, **le rut, l'accouplement**, l'établissement des hiérarchies sociales, etc.
- le **système limbique** ou paléo-cerveau ou rhinencéphalle ; au fonctionnement instinctif ; **étroitement connecté avec l'hypothalamus** ; il contrôle l'expression émotionnelle et le comportement viscéro-somatique ;
- le néo-cortex, le cortex associatif, moins lié directement à l'environnement (18).

## B. Effets directs de la saison

### 1. La photopériode et l'intensité lumineuse

La photopériode a une grande importance chez les petits ruminants dans les latitudes élevées, une influence notable chez les porcins, mais **moins chez les bovins**. De plus, les variations saisonnières de la photopériode sont faibles près de l'équateur.

Mais la photopériode doit intervenir aussi, car même en assurant les besoins alimentaires, une variation saisonnière des performances de reproduction subsiste. De plus, des problèmes de reproduction se prolongent après les fortes chaleurs de l'été. Les variations saisonnières des problèmes de reproduction se produisent aussi dans les zones où les températures estivales ne sont pas très élevées.

La photopériode agit au niveau de la glande pinéale (épiphyse) du cerveau. Pendant la phase obscure, de **la mélatonine** est sécrétée. Si les nuits sont longues et les jours courts, la quantité de mélatonine produite est importante. Chez les espèces dites « de jours courts », l'activité sexuelle est activée. La mélatonine va réguler **le noyau suprachiasmatique** qui est le centre principal de l'horloge biologique des mammifères. Celui-ci intervient sur la reproduction par l'intermédiaire de l'hypothalamus qui sécrète plus ou moins de GnRH (Figure 4).

Des programmes lumineux peuvent permettre d'agir sur cette variable (51). Même chez les bovins, la photopériode a une grande influence sur la lactation. Un traitement de jours courts pendant le tarissement permet d'obtenir une production laitière maximale pendant la lactation qui suit (19).

### 2. La température ambiante

Les races de **bovins du Nord importés** en zone tropicale sont très sensibles aux températures élevées du Sud. C'est le stress thermique. Les bovins à viande sont moins sensibles que les bovins laitiers.

Le stress thermique réduit le niveau plasmatique de LH, augmente le niveau plasmatique de progestérone et diminue la fertilité des vaches laitières au Missouri. Il existe une corrélation ( $R^2 = 0,37$ ) entre le niveau de progestérone et le taux de conception. Des injections de GnRH pendant le stress thermique pourraient éviter la chute de LH (33).

Le stress thermique, lié à l'excès de chaleur, peut perturber chez la vache :

- la sécrétion des hormones **Gn RH et LH**,
- l'ovulation (pic de LH retardé),
- la **croissance folliculaire**, et celle du follicule dominant,
- l'expression des **chaleurs**,
- le **développement embryonnaire** par réduction du flux sanguin dans l'utérus et augmentation de la sensibilité de l'embryon.

Ces perturbations peuvent résulter de l'augmentation de la température centrale et de la réduction de l'ingestion d'aliments pendant les fortes chaleurs (50). La qualité de l'ovocyte est diminuée en période de forte chaleur (4).

Il a été montré que lors de stress thermique, **le fuseau mitotique des oocytes** devient allongé ou aberrant et plus petit. Cela contribue à expliquer le développement embryonnaire altéré des zygotes produits et donc la mortalité embryonnaire plus élevée (34). La température de l'utérus augmente ce qui gêne l'implantation (44).

En cas de stress thermique, la production de **progestérone** est diminuée. L'activité du follicule dominant puis du corps jaune serait diminuée. Le corps jaune persiste alors plus longtemps, allongeant la durée des cycles oestriques. Le cholestérol, précurseur des

hormones stéroïdes, pénètre dans les cellules par endocytose ou par voie sélective. Normalement, l'expression de l'ARNm de récepteurs endocytotiques augmente et celle des récepteurs de la voie sélective diminue quand la taille des follicules augmente. Argov *et al.* (6) ont constaté une altération de l'expression de l'ARNm des récepteurs des cellules ovariennes en cas de stress thermique.

## **C. Effets indirects de la saison**

### **1. L'alimentation**

Les bovins y sont très sensibles. Les variations saisonnières de pluviométrie se traduisent par des variations du disponible alimentaire à la fois en quantité et en qualité.

### **2. Les pathologies**

De nombreuses maladies peuvent perturber les performances de reproduction, qu'elle soient générales ou particulières à l'appareil reproducteur. Certaines maladies sont saisonnières, particulièrement les maladies parasitaires et les maladies transmises par des vecteurs dont la présence est plus ou moins grande (allant jusqu'à l'absence) selon les saisons.

### **3. Le mode d'élevage et la saison**

#### **1. Effet mâle**

Si les mâles ont été séparés des femelles reproductrices suffisamment longtemps (plus de 3 semaines), le fait de les réintroduire a tendance à synchroniser les chaleurs des femelles. Cet effet est plus net chez les petits ruminants que chez les bovins.

#### **2. Logement**

Le logement doit être clair, aéré mais sans courants d'air, facile à nettoyer, de dimensions suffisantes, etc. pour éviter les stress aux animaux.



### III. DESCRIPTION DE L'INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES ET DE LA SAISON SUR LA REPRODUCTION

#### A. Adaptation à la température ambiante

##### 1. Mécanismes généraux de lutte contre la chaleur

Maho Angaya (43) a passé en revue les mécanismes d'adaptation des animaux domestiques (surtout bovins laitiers) à la chaleur. Delannoy S. (21) l'a fait aussi pour les mammifères en général.

La température centrale est réglée en essayant d'équilibrer les productions de chaleurs (thermogenèse) et les pertes de chaleur (thermolyse). La thermogenèse résulte d'une production de chaleur de base pour l'entretien, d'une production liée aux mécanismes physiologiques de l'utilisation digestive et métabolique des aliments ainsi que d'une production liée à l'activité physique. La thermolyse est la somme de pertes par voie latente c'est-à-dire par évaporation (sueur et polypnée) et par voie sensible (radiation, convection et conduction). Entre les températures critique inférieure (TCi) et supérieure (TCs), c'est la zone de thermoneutralité ou de neutralité thermique. La température normale pour l'espèce y est maintenue. En dessous de la température critique inférieure (TCi) l'hypothermie apparaît car les productions de chaleur ne compensent pas les pertes. En dessus de la température critique supérieure (TCs) l'hyperthermie apparaît car les pertes de chaleurs ne compensent pas les productions ; la température centrale augmente car les possibilités de l'homéothermie sont dépassées. En dessus de la température critique d'évaporation (TCe), sueur et polypnée augmentent beaucoup ; la zone de confort thermique est dépassée (Figure 1).

Ainsi, lorsque la température ambiante est supérieure à la limite supérieure de la **zone de confort thermique**, l'animal doit lutter fortement contre la chaleur. Pour cela, il diminue la thermogénèse ou/et augmente la thermolyse. La thermogénèse est diminuée par le biais de la **diminution de prise de nourriture**, la posture de l'animal, la recherche d'abri (à l'ombre), le repos dans la journée et la tendance nocturne. La thermolyse est augmentée par le biais de la tachycardie (accélération du rythme cardiaque), la vasodilatation des vaisseaux périphériques (ce qui augmente la dissipation de chaleur), la **consommation d'eau accrue** et la concentration urinaire qui économise l'eau, la **sudation** (les 2/3 des pertes de chaleur chez les bovins) et la **polypnée** thermique. Pour augmenter l'évaporation périphérique, l'animal peut rechercher l'eau ou la boue. Par ailleurs, la perte d'eau s'accompagne de perte de chlorure de sodium, ce qui peut entraîner des crampes. Lors de basses températures, le frisson thermique et l'activité participent aussi à la régulation de la température.

Ainsi, les principaux mécanismes de lutte contre la chaleur sont chez les bovins l'**évaporation** de la sueur et l'évaporation pulmonaire augmentée par la polypnée. En ce qui concerne la sueur, les glandes sudoripares des zébus sont 2,5 fois plus grandes et 1,5 fois plus nombreuses que celles des taurins. Elles sont aussi plus actives. La sudation dépend de la race ; elle est plus importante chez les bovins tropicaux que chez les bovins européens. Ainsi, au Nigeria, les taux de sudation constatés ont été en mg/ 10 cm<sup>2</sup> / 5 min (Amakiri et Onwuka, 1980, cité par Mamadou, 44) :

- taurin Frison	56,7
- taurin German Brown	62,6
- N'Dama x German Brown	74,4
- zébu White Fulani	100,8
- taurin N'Dama	118,3.

La peau et les poils interviennent aussi dans la lutte contre la chaleur. Les zébus ont très souvent des **robess** blanches ou grises. Le taux moyen d'absorption d'énergie solaire varie selon la couleur du poil (Tableau II).

La **couleur de la peau** intervient aussi. Une peau pigmentée, noire, constitue un écran pour les rayons ultra violets porteurs d'énergie calorifique. Après le noir, le jaune puis le fauve ont des coefficients d'absorption croissants. La peau blanche laisse pénétrer dans l'organisme presque tous les ultra violets. La meilleure combinaison pour lutter contre la chaleur serait *des poils clairs* (blancs, gris ou fauves) recouvrant *une peau pigmentée* (noire, jaune ou fauve) (3). La couleur de la robe, la longueur des poils, les propriétés mécaniques et l'humidité du pelage, les caractéristiques des poils et la forme du corps influent sur la tolérance à la chaleur (41).

## 2. Adaptation des bovins locaux en zones tropicales (taurins et zébus) à la chaleur

Ainsi, les bovins locaux tropicaux sont adaptés à la chaleur par des mécanismes de forte sudation et de thermogenèse faible. Mais en contrepartie leur productivité est moins grande (44).

Ortavant (45) a passé en revue l'influence de la température élevée sur la reproduction des bovins. Chez la vache, la maturité sexuelle est retardée. La température élevée entraîne de l'anoestrus ou une diminution de fertilité liée à une augmentation de la mortalité embryonnaire. La période la plus critique d'exposition à la chaleur est **le moment de la fécondation** et les quelques jours qui suivent le moment de l'ovulation.

Chez les taureaux, l'augmentation de la température ambiante se traduit par une **chute de la motilité du sperme** puis une chute du nombre de spermatozoïdes. La sensibilité à la chaleur varie d'un taureau à l'autre. Cette sensibilité semble avoir un support génétique. Les fils de taureaux résistants à la chaleur se comportent mieux que les autres. Il doit être possible de sélectionner sur ces critères des taureaux à exporter en zones chaudes.

## 3. Les bovins de pays tempérés importés ou métis en zones tropicales

Les troubles de thermorégulation se produisent généralement lorsque la température dépasse 27°C pour les races bovines des zones tempérées. La température du corps s'élève, les animaux boivent plus, les rythmes respiratoire et cardiaque s'accroissent. Les animaux recherchent l'ombre et ne consomment pas d'herbe. Leur développement corporel et leur **maturité sexuelle sont retardés**. Cette élévation de la température corporelle se produit pour des températures ambiantes différentes selon les races. Comme ils peuvent pas suer autant que les bovins locaux pour diminuer les excès de chaleur corporelle, les bovins d'origine tempérée **diminuent leur prise d'aliments** et donc réduisent leurs productions en réagissant aux fortes températures (44).

Maho Angaya (43) cite les températures critiques de neutralité thermique de quelques races de bovins. La race Holstein est plus sensible à la chaleur que les races Brune des Alpes et Jersiaise (Tableau III).

Au Mali (46), les températures corporelles du matin, du soir et leur moyenne mensuelle ont été étudiées pour les zébus, les croisements de zébus 1/2 Charolais, les 1/2 Montbéliard et les 1/4 Montbéliards. Les 1/2 Charolais sont en hyperthermie par rapport aux autres groupes. Les zébus se caractérisent par une grande amplitude de variation de la température corporelle interne. Le matin, leur température est plus faible. Le soir, elle est plus élevée que celle des métis Montbéliard, mais plus faible que celle des Charolais. Les

mécanismes de régulation thermique doivent être différents chez les taurins et les zébus. **Le zébu utiliserait surtout l'évaporation cutanée.** Il supporte sans en souffrir des variations de température corporelle plus grandes que les métis Montbéliards. Chez la vache Holstein (3), la polypnée s'installe rapidement quand la chaleur augmente (Tableau IV).

En Guadeloupe, les bovins Créoles et les croisés Limousins x Créoles sont peu sensibles à l'exposition au soleil, alors que les croisés Charolais x Créoles présentent des problèmes d'aplombs et que les taurillons Frisons purs à l'embouche n'ont pas pu être maintenus au soleil pendant une longue période. Une **protection contre le soleil** semble nécessaire aux croisés Charolais et aux Frisons purs (8).

L'adaptation à la chaleur a des conséquences sur les productions. La croissance des bovins européens est ralentie à une température supérieure à 24 °C. La prostration survient à 41 °C, surtout sous des conditions de forte humidité. La chaleur sèche est mieux supportée que la chaleur humide (43). La production laitière est diminuée dès que l'hyperthermie est atteinte.

## **B. Variations saisonnières de la reproduction des femelles**

Chez les bovins domestiques, l'efficacité de la reproduction est liée à des effets directs du climat (le stress thermique que nous avons envisagé) et à des effets indirects : les disponibilités en aliments liés à la pluviométrie avec un rapport variable avec le type d'animal entre ces effets (8).

### **1. Les vaches locales (taurins et zébus)**

Lorsque le contrôle de la reproduction n'est pas effectué, en cas de monte naturelle libre, chez les zébus, les saillies fécondantes correspondent le plus souvent au moment de l'année où la disponibilité alimentaire est la plus grande. Plus le climat est sec est plus la reproduction est saisonnée.

Dans le **nord de la Côte d'Ivoire**, la saison sèche est longue. Deux pics de fécondation principaux sont constatés en élevage villageois (Figure n° 2), en janvier-février (taurins) et en juin-juillet (zébus) correspondant à des mises bas en octobre-novembre (taurins) et en mars-avril (zébus) (39, 40, Figure 2).

Le maximum de fécondations se produit chez les zébus transhumants au moment de la **repousse des herbes après feu**, lorsque leur valeur nutritive est élevée, en janvier - février et en mars-avril, donnant une sorte de flushing naturel.

Par contre, chez les taurins sédentaires trypanotolérants Baoulé et N'Dama villageois, les fécondations sont plus nombreuses dans la partie fraîche de la saison sèche **en période de reprise du poids vif** (Figure 3). Elles aboutissent alors à des mises bas en fin d'année, période où l'herbe est abondante et où la viabilité des veaux est maximale (39, 40).

Au Burkina Faso, en station à Bobo-Dioulasso, avec des vaches Baoulé maintenues en bon état d'entretien, Chicoteau *et al.* (15) ont observé des variations saisonnières avec une période moins favorable à la fécondation en mai-juin, en saison pré-pluvieuse chaude et humide, pendant laquelle la qualité de la ration est la moins bonne ; les animaux réduiraient alors l'ingestion pour assurer la thermorégulation. On retrouve un pic de mises bas vers octobre-novembre. Les saisons sont contrastées : saison sèche fraîche (SF) de décembre à février, saison sèche chaude (SC) de mars à avril, saison chaude pré-pluvieuse (PréPI) en mai et juin, saison des pluies fraîche (PI) de juillet à septembre, saison chaude post-pluvieuse (Post-PI) en octobre et novembre. Le poids des animaux est en relation avec leur cyclicité, elle-même en relation avec la fécondité. Par contre, les femelles Baoulé semblent

peu sensibles à la chaleur. Mais pendant les périodes chaudes, le comportement d'oestrus de jour est diminué ; il se produit plutôt la nuit. La fréquence des chevauchements varie avec la saison avec un maximum en saison pluvieuse et un minimum en saison post-pluvieuse (14).

Au Sénégal, la saisonnalité de la reproduction des zébus est très marquée. Denis et Thiongane (22) ont étudié la saison de monte idéale au CRZ de Dara et dans le Ferlo, au nord du Sénégal, berceau du zébu Gobra. Les saillies fécondantes sont concentrées sur les mois d'août à novembre donnant des naissances plus nombreuses de mai à août. Dans cette région la saison des pluies dure 3 à 5 mois avec une pluviométrie maximale en août et septembre.

De même, en Gambie, le nombre de naissances est corrélé à la pluviométrie du mois qui a précédé (8). En Tanzanie, les performances de reproduction de zébus étaient **liées à la pluviométrie** saisonnière (35).

Par contre, en climat humide, s'il y a trop de pluies, les prairies peuvent être détrempées. En Guadeloupe, les femelles Créoles élevées de manière semi-extensive ont un saisonnement marqué de la reproduction, lié aux grandes variations de disponibilités alimentaires : un pic de fécondation est situé entre août et novembre, en saison des pluies. Avec une amélioration de niveau constant, les performances de reproduction restent variables, la fertilité étant plus élevée entre juillet et septembre, en saison sèche (28).

En pays tropicaux, les bovins connaissent des variations importantes de poids et d'état corporel. Ils constituent des réserves corporelles en saison favorables et les perdent en saison défavorable. Leur aptitude à constituer et mobiliser les réserves adipeuses est importante. La durabilité des élevages de ruminants dépend des capacités adaptatives des femelles. Il existe des moments clés dans le cycle de reproduction, tels le moment de la fécondation où l'état corporel et son évolution jouent un rôle crucial. Cette adaptation varie avec le génotype : espèce, race (10b).

## **2. Les vaches de pays tempéré importées ou métis**

Ces bovins sont très sensibles à la chaleur. Même en Europe, les périodes de canicule deviennent plus fréquentes telles celle de l'été 2003. Elles s'accompagnent de températures élevées et de manque de pluies avec une diminution de la quantité et de la qualité des fourrages disponibles. Beaucoup d'éleveurs ont dû utiliser des aliments prévus pour une autre période de l'année. En France, cela s'est traduit chez les vaches par de mauvais résultats de reproduction avec des expressions des chaleurs, croissance folliculaire et développement embryonnaire et fœtal mauvais. Le poids des veaux était plus faible à la naissance (48).

Comme déjà signalé, le stress thermique peut perturber :

- la sécrétion de GnRH et de LH,
- les vagues de croissance folliculaire,
- le degré de dominance, la croissance du follicule dominant et la sécrétion d'oestrogènes,
- l'expression des chaleurs qui devient moins intense ou absente,
- le déroulement de l'ovulation.

Il peut entraîner :

- une diminution de la qualité des ovocytes,
- une réduction du flux sanguin au niveau de l'utérus (et une augmentation au niveau de la peau),
- une modification des sécrétions utérines,
- une mortalité embryonnaire ou fœtale plus élevée,
- une diminution du poids du veau à la naissance,
- une augmentation des rétentions placentaires (48).

Il perturbe aussi la nutrition :

- augmentation de l'abreuvement,
- diminution de l'ingestion d'aliments,
- diminution de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages (48).

Il faut noter que la détérioration de qualité des ovocytes lors de stress thermique et d'humidité a été observée chez les taurins (*Bos taurus*), mais pas chez les zébus (*Bos indicus*) (55).

En pays tropicaux : En Guadeloupe, les bovins laitiers exotiques, bien alimentés, sont très sensibles à la chaleur et peu au régime des pluies. Les femelles sont plus sensibles que les mâles (8). En saison chaude, la baisse de fertilité des femelles et l'altération de la qualité de la semence est souvent rapportée. Le stress thermique entraîne, comme on l'a vu, une **diminution de la durée de l'oestrus**, une augmentation de la fréquence des oestrus silencieux, parfois un allongement du cycle, et une augmentation de la mortalité embryonnaire précoce. Ainsi les chaleurs de vaches Holstein et Jersiaises étaient de 12-13 heures en Louisiane au lieu de 18 heures (24).

En Guadeloupe, les vaches frisonnes, protégées des rayons de soleil, et dont les besoins alimentaires sont couverts, sont moins bien fécondées en saison chaude et humide et mieux fécondées en saison sèche et fraîche. Les mises bas ont une répartition bimodale. Plus la production laitière est élevée, plus la fertilité est affectée. Les ovules sont moins fertilisés et la dégénération embryonnaire est augmentée (60, 8).

En Arizona, les vaches laitières Holstein produisent moins de lait en été et en automne et ont une **moindre fertilité** (nombre de services par conception et intervalle entre vêlages) quand le vêlage a lieu au printemps et en été (de 28°C à 41,3°C en juillet). Mais ces effets négatifs ont diminué grâce à une amélioration des pratiques des éleveurs (52).

Les bovins à viande sont moins sensibles à la chaleur que les laitiers. Leurs performances de reproduction en pays chauds sont meilleures (8).

### C. Variations saisonnières de la reproduction des mâles

Les variations saisonnières de la production de spermatozoïdes en qualité et en quantité sont différentes selon les auteurs ayant travaillé dans des lieux divers. Les variations saisonnières sont plus graves chez les zébus que chez les taurins (59).

1°) Il est reconnu que **les températures trop élevées sont préjudiciables à la production des spermatozoïdes**

Dans le cas de température trop élevée ou trop basse, la spermatogenèse est perturbée et la testostérone est plus basse. L'exposition à 40°C au moins 12 h affecte la formation des spermatides : motilité, pourcentage de spermatozoïdes vivants, anomalies (30). C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les testicules des mammifères sont situés à l'extérieur de l'abdomen et non pas à l'intérieur comme chez les reptiles et les oiseaux. La température extérieure est le plus souvent inférieure à la température corporelle.

Ainsi, en latitude basse, les fortes températures de l'été limitent la production de spermatozoïdes. En latitude élevée, l'hiver la limite encore plus. En **Angleterre**, la production est minimale en mi-hiver et fin été ; la qualité est minimale fin été (48).

Au **nord des USA**, on observe un pic d'anomalies totales de spermatozoïdes l'été où les températures varient de 21 à 43°C (56).

A Bobo-Dioulasso, au **Burkina Faso**, en race Baoulé, les températures élevées se traduisent par une baisse de libido des mâles. La fréquence des chevauchements acceptés par les femelles est aussi diminuée (14).

En **Côte d'Ivoire**, en zone forestière tropicale humide (à Bingerville), après une étude de 7 mois (décembre à juin), les principaux caractères du spermogramme 3 taureaux N'Dama et 3 N'Damance ont présenté un pic en janvier (grande saison sèche) et un autre en avril (début de la grande saison des pluies). L'insolation a une influence significative ; l'hygrométrie tend à avoir une influence négative sur la qualité du sperme. En février, la température ambiante est la plus élevée et le nombre total de spermatozoïdes est bas (58, Tableau V).

Au **Nigeria**, les taurins européens supportent moins bien les fortes chaleurs que les zébus locaux. Des dégénérescences des tubes séminifères aboutissent à une production de spermatozoïdes moindre chez les taureaux âgés (7,5-10 ans) que chez les jeunes (3-7 ans) (38).

Au **Pakistan**, Ahmad *et al.* (2) ont constaté chez des taureaux zébus de race Sahiwal un temps de réaction significativement plus long et une libido significativement plus basse en été que pendant les autres saisons. Les performances des taureaux étaient meilleures au printemps qu'aux 3 autres saisons (1).

## 2°) Pour certains auteurs (au Nigeria par exemple), **la saison des pluies est plus favorable à la production de sperme**

Le volume, la concentration, le pourcentage de spermatozoïdes normaux et le pourcentage de spermatozoïdes vivants sont significativement plus élevés en saison des pluies qu'en saison sèche au centre du **Nigeria**, ce qui augmente le nombre de spermatozoïdes vivants par éjaculat (53).

Au **Nigeria** (à Nsukka) volume et motilité sont meilleurs en saison humide chez les taureaux Muturu (32). De même, les taureaux sont plus fertiles en saison des pluies au nord du Nigeria d'après Sekoni *et al.* (57) : les anomalies totales de spermatozoïdes passent de 4,8 % en septembre à 23,7 % en mars.

En faisant des collectes pendant un an, Fayemi et Adegbite (25), à Ibadan, **Nigeria**, ont trouvé 2 pics d'anomalies des spermatozoïdes des zébus Mbororo Akou : en saison sèche avant les pluies (avril et mai) et à la fin de la saison des pluies (septembre à novembre), probablement à cause de la température plus élevée et de carences nutritionnelles.

Selon Paparella (47), la spermatogenèse est normale chez les zébus en saison sèche, mais pendant cette période de repos sexuel, les sécrétions qui assurent le développement des spermatozoïdes font défaut. Les anomalies des spermatozoïdes élevées sont dues surtout à une dégénérescence de l'épithélium germinatif des tubes séminifères des testicules.

## 3°) Pour d'autres auteurs, c'est **la saison sèche qui est plus favorable à la production de sperme**

Au **Burkina Faso** (à Bobo-Dioulasso) en race Baoulé, Chicoteau (14) signale que la saison fraîche et sèche est la plus propice à la préparation de semences congelées. Il n'y a pas de variations saisonnières du volume, de la motilité, du pourcentage de spermatozoïdes vivants et de la concentration. Par contre, le pourcentage d'anomalies majeures et mineures présente un pic en saison des pluies. La température maximale est défavorable et augmente les anomalies majeures de la pièce intermédiaire (gouttelette cytoplasmique proximale) et de la queue. Le temps de réaction à la monte est corrélé à la température ambiante le jour de la récolte.

A Bingerville, au sud de la **Côte d'Ivoire**, Tamboura (58) signale en race N'Dama l'influence négative de l'hygrométrie. Il signale des pics en janvier, mars et avril (fin de la saison sèche et début de la saison humide) propices à la production de spermatozoïdes.

4°) Enfin, la saison avec la photopériode la plus longue peut être plus favorable

Chez le zébu Brahman mâle au Texas la qualité du sperme est meilleure en été (jours longs et moins de pluie) qu'en hiver où elle baisse temporairement (59).

5°) Le mécanisme est complexe.

Comme pour les femelles, le développement sexuel (maturité sexuelle) dépend de la saison de naissance (printemps ou automne) chez le zébu Brahman mâle au Texas ; **la photopériode** pourrait participer à la régulation des fonctions du testicule après la puberté par le biais de la mise en place de la sécrétion pulsatile de gonadotropines. Après une photopériode courte (hiver), la puberté et la maturité sexuelle sont plus tardifs. De plus, le taux de **testostérone** est plus élevé chez les mâles adultes au printemps et en été qu'en automne et en hiver, parallèlement à la qualité du sperme (59).

L'**utilisation des lipides** par les spermatozoïdes est un des éléments qui interviennent. Ainsi, Argov *et al.* (7) ont mis en évidence en Israël l'existence de récepteurs de lipoprotéines de très faibles densités (**very-low-density lipoprotein receptor**, VLDLr) sur les membranes des spermatozoïdes. Ces récepteurs ont été 6 fois plus actifs l'hiver que l'été dans leur étude. Il en est résulté des modifications des concentrations en lipides et en acides gras dans les cellules des spermatozoïdes et dans le plasma séminal. Ces changements pourraient expliquer la moins bonne motilité et la plus grande mortalité des spermatozoïdes décongelés collectés et préparés en été plutôt qu'en hiver.

6°) De toutes façons, **cette influence de la saison pourrait être atténuée dans certains cas avec une bonne alimentation**

En **Guadeloupe**, chez des taureaux Créoles alimentés ad libitum avec du fourrage vert ou ensilé et avec 11-12 kg/tête/j de complément constitué par un mélange mélasse-urée et minéraux, la concentration, le nombre de spermatozoïdes, la motilité massale et le nombre de spermatozoïdes colorés ne varient pas significativement avec la saison. Mais le taux de spermatozoïdes anormaux varie de 6 % en avril à 17 % en septembre (29). **Fin août est la plus mauvaise période** de l'année en concentration et en anomalies pour les taureaux créoles en Guadeloupe (27).

Au nord du **Nigeria**, Kumi-Diaka *et al.* (37) constatent qu'avec une supplémentation, le pic de concentration en saison des pluies subsiste, mais qu'il n'y a pas de différence saisonnière pour les anomalies, le pourcentage de spermatozoïdes vivants et le volume.

D'une manière générale, Galina et Arthur (26) relèvent dans la littérature scientifique que l'addition de concentrés en saison pluvieuse et début de saison sèche **n'améliore pas toujours la qualité du sperme** ou permet parfois d'augmenter la concentration du sperme.

## Conclusion pour les mâles

Ainsi, il existe de grandes variations dans la production de sperme de taureau dans les régions chaudes. Les fortes chaleurs sont toujours préjudiciables à la production de sperme. Mais des études complémentaires sur les variations du comportement (libido) et de la production de spermatozoïdes (quantité et qualité) par des taureaux adultes tout le long de l'année à Cotonou (Togo) et en d'autres lieux apporteraient un éclairage sur ces variations, importantes à prendre en compte dans le cadre de l'insémination artificielle des races locales.

Pour rester pratique, deux critères synthétiques que je propose de garder en vue pour la production utile de sperme sont :

- **le nombre de spermatozoïdes mobiles** par éjaculat (ou produits par période),
- **le nombre de doses de semence théoriquement susceptibles d'être produites par unité de temps** (la semaine par exemple) après avoir défini les critères minimum permettant de considérer un éjaculat comme congelable (volume, couleur, motilité, concentration, anomalies, cellules étrangères).

#### IV MESURES POUVANT ETRE PRISES

Chez les zébus les mesures suivantes pourraient être prises pour limiter les effets des conditions climatiques et augmenter la fertilité :

- réformer les femelles infertiles,
- sélectionner les mâles sur leur libido et sur les dimensions des testicules,
- viser des poids à atteindre,
- utiliser la note d'état corporelle,
- utiliser des stratégies de sevrage (13).

Pour des vaches laitières, Hansen et Aréchigat (31) préconisent contre le stress thermique :

- utiliser la synchronisation des chaleurs,
- utiliser le transfert embryonnaire,
- éviter d'inséminer en périodes de fortes chaleurs.

D'autres mesures peuvent être prises pour limiter les effets du stress thermique. **Protéger contre la chaleur** :

- surtout, prévoir des **abris à l'ombre** pour les heures de forte chaleur,
- doucher ou baigner les animaux pour les rafraîchir (surtout après la fécondation),
- ventiler les locaux,
- humidifier l'air en cas de besoin (inefficace en climat humide),
- voire installer une climatisation. L'idéal est la climatisation mais, cela revient très cher.

Le **logement** devrait protéger les animaux des aléas climatiques. Contre l'excès de chaleur, il doit empêcher l'entrée d'air très chaud et être suffisamment aéré. Maho A. (43) a proposé 2 types de constructions adaptées au climat de Dakar pour des vaches laitières Montbéliardes importées.

La synchronisation/induction des chaleurs peut permettre de grouper les mises bas dans une période de l'année favorable à la fécondité des reproducteurs et à la survie des veaux. En effet, lorsqu'une saison de mise à la reproduction est mise en œuvre, le choix du moment doit tenir compte de plusieurs facteurs :

- la fertilité des vaches et des taureaux et la fécondité des vaches,
- la vigueur et la viabilité des veaux obtenus.

Un critère synthétique est le poids de veau sevré obtenu en fonction de la saison de mise à la reproduction.

De même, pour les taureaux, il vaut mieux collecter et conditionner le sperme pendant les périodes fraîches et peu humides de l'année et utiliser l'insémination artificielle lorsque c'est possible.

Le **douchage** des animaux et la **ventilation forcée** ont permis de diminuer de moitié cette dépression. Le rafraîchissement des vaches taries pendant le dernier mois de gestation a permis d'augmenter le poids des veaux à la naissance et la production de lait en automne (9). Mais ces mesures de refroidissement ne suffisent pas seules pour rétablir la fertilité (23). La douche des animaux et la ventilation forcée ont permis de protéger des vaches Holstein dans le nord de la Thaïlande (49).

Ainsi, en Israël, les bovins laitiers, surtout les plus producteurs, ont une dépression marquée de production de lait et du taux de conception au cours de l'année : la fertilité en été (août) atteint le tiers du niveau de l'hiver. Ici, l'ombre ne suffit pas à protéger les animaux. Le **mouillage** de la peau des animaux combiné à la **ventilation forcée** ont permis de diminuer de moitié cette dépression. Les femelles en fin de gestation sont particulièrement sensibles au stress thermique. Le **rafraîchissement des vaches taries pendant le dernier mois de gestation** a permis d'augmenter le poids des veaux à la naissance et la production de lait en automne. Il semble que l'évaporation de l'eau qui rafraîchit l'animal diminue la déviation de la circulation sanguine vers la périphérie du corps, déviation qui freine la circulation sanguine



dans l'appareil reproducteur dont dépendent les résultats de reproduction et la production laitière (9).

En cas d'introduction d'animaux dans un nouveau milieu plus chaud, **l'acclimatation** est facilitée en effectuant un stress thermique gradué et lent, en permettant aux animaux de se déplacer, en fournissant de l'eau à volonté, une nourriture adaptée et un abri (21).

Une **supplémentation** énergétique, en matières azotée, en minéraux et en vitamines peut être fournie (6). La sueur entraîne une perte importante en minéraux (notamment en potassium). L'ajout d'antioxydants peut être bénéfique. ChurngFaung L. (17) a indiqué que des précautions sont à prendre en faisant cette supplémentation : utiliser une forte densité en énergie, un taux élevé de céréales et de graisses. La qualité et la quantité de protéines sont importants, etc.

Pour **augmenter l'ingestion d'énergie** il peut être conseillé :

- d'augmenter la concentration énergétique de la ration,
- en stabulation, de distribuer la ration plusieurs fois par jour,
- de fractionner les apports de céréales et d'éviter les farines de céréales,
- de surveiller la qualité de l'ensilage,
- d'ajouter de la mélasse au foin ou à la paille,
- d'ajouter des anti-oxydants (bêta carotène, vitamine E, vitamine A, sélénium),
- de tenir compte des apports en minéraux (51).

Pour les vaches en mauvais état au moment du vêlage, un **flushing** avant et après la saillie ou l'insémination est préconisé. Les vêlages, les chaleurs et les retours de chaleurs sont à mieux surveiller en période de fortes températures (51).

En complément aux mesures de refroidissement, l'utilisation de **GnRH par injection** pour induire le développement folliculaire et l'ovulation peut améliorer encore la fertilité en période chaude (24).

L'utilisation de facteurs apparentés à l'insuline (100 mg/ml de **IGF-1**) dans les cultures d'embryons lors de transferts embryonnaires chez des vaches laitières peut augmenter la fertilité lorsqu'elles sont soumises à un stress thermique, et ne l'augmente pas en saison fraîche (12).

Enfin, les animaux qui tolèrent le mieux la chaleur et l'environnement différent et produisent le plus dans ces conditions peuvent être sélectionnés.

Mais toutes ces mesures ne permettent quand même pas d'obtenir d'aussi bons résultats de reproduction qu'en saison favorable (6). Il convient donc de rechercher le compromis le plus économique entre le niveau de production et le coût des mesures.

## CONCLUSION

Nous avons vu que les variations saisonnières de la reproduction des bovines sont complexes. Elles peuvent être plus ou moins marquées selon les lieux et les animaux. Les facteurs du climat, les disponibilités alimentaires et la pathologie sont les principaux facteurs en jeu.

Différentes mesures peuvent être prises pour optimiser les performances de reproduction et surtout pour obtenir un maximum d'animaux disponibles aux moments de l'année où leur production sont les plus rentables. En effet, le choix de la période de mise à la reproduction, lorsqu'il y en a une, doit tenir compte non seulement du taux de mise bas obtenu, mais aussi du nombre de jeunes vivants par exemple au sevrage et des variations saisonnières des prix des produits de l'élevage (lait, animaux de boucherie, etc.).

## BIBLIOGRAPHIE

1. AHMAD M., ASMAT M. T., REHMAN N. U., 2003. Semen characteristics of Sahiwal bulls in relation to age and season. *Pakistan-Veterinary-Journal*, **23** (4): 202-206.
2. AHMAD M., ASMAT M. T., NAJIB-UR-REHMAN, 2005. Relationship of testicular size and libido to age and season in Sahiwal bulls. *Pakistan Veterinary Journal (Pakistan)*. **25** (2): 67-70.
3. AKONDE C., 1960. Contribution à étude du mécanisme de la résistance à la chaleur chez les bovins : rôle de la peau et des poils. ENV Alfort, 44 p.
4. AL KATANANI Y. M., PAULA-LOPES F. F., HANSEN P. J., 2002. Effect of Season and Exposure to Heat Stress on Oocyte Competence in Holstein Cows. *J Dairy Sci*, (85): 390-396.
5. ALNIMER M., 2000. Temperatura ambientale ed efficienza riproduttiva della vacca da latte. Una rassegna. [Environmental temperature and reproductive efficiency in dairy cattle. A review ]. *Zootecnica-e-Nutrizione-Animale*, **26** (1-2): 21-30.
6. ARGOV N., MOALLEM U., SKLAN D., 2005. Summer heat stress alters the mRNA expression of selective-uptake and endocytotic receptors in bovine ovarian cells. *Theriogenology*, **64** (7): 1475-1489.
7. ARGOV N., SKLAN D., ZERON Y., ROTH Z., 2007. Association between seasonal changes in fatty-acid composition, expression of VLDL receptor and bovine sperm quality. *Theriogenology*, **67** (4): 878-885.
8. BERBIGIER, 1988. Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale. INRA, ed., 1 vol., 237 p.
9. BERMAN A., FLAMENBAUM I., WOLFENSON D., 1984. Alleviation of heat stress and its impact on reproduction in dairy cattle. INRA Publ. Versailles. The reproductive potential of cattle and sheep. 125-137.
10. BERNABUCCI U., RONCHI B., LACETERA N., NARDONE A., 2002. Markers of Oxidative Status in Plasma and Erythrocytes of Transition Dairy Cows During Hot Season. *J Dairy Sci* 2002 85: 2173-2179.
- 10b. BLANC F., BOCQUIER F., DEBUS N., AGABRIEL J., D'HOUR P., CHILLIARD Y., 2004. La pérennité et la durabilité des élevages de ruminants dépendent des capacités adaptatives des femelles. [Coping abilities of females and sustainability of ruminant livestock systems]. *INRA-Productions-Animales*, **17** (4): 287-302.
11. BLOCK J., HANSEN P. J., 2007. Interaction between season and culture with insulin-like growth factor-1 on survival of in vitro produced embryos following transfer to lactating dairy cows. *Theriogenology*, **67** (9): 1518-1529.
12. BOUDET G., 1991. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Min. de la Coopération / Maisons-Alfort Paris, CIRAD-IEMVT ed., 1 vol., 270 p. (Collection manuels et précis d'élevage n° 4.)
13. CHENOWETH P. J., 1994. Aspects of reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. *Australian Vet. Journal*, **71** (12): 422-426.

14. CHICOTEAU P., 1989. La reproduction des bovins trypanotolérants. *In*: Le rôle du bétail trypanotolérant pour la mise en valeur des zones infestées par les mouches tsé-tsé, Banjul. Gambie, 25-28 sept. 1989., 25 p.
15. CHICOTEAU P., COULIBALY M., BASSINGA A., CLOE C., 1990. Variations saisonnières de la fonction sexuelle des vaches Baoulé au Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **43** (3): 387-393.
16. CHURNGFAUNG L., 2003. Feeding management and strategies for lactating dairy cows under heat stress. Extension Bulletin - Food & Fertilizer Technology Center. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region, Taipei, Taiwan: 2003. 530, 6-11.
17. CIRAD/GRET/MAE, 2002. Mémento de l'Agronome. Paris, France, Cirad/Gret/Ministère des Affaires Etrangères ed., 1 vol., 692 p.
18. COLLABO PM, 2007. Rapports entre le Système Nerveux et l'Environnement. [www.colba.net/~piermon/ad04.htm](http://www.colba.net/~piermon/ad04.htm) [5 févr. 2007]
19. DAHL G. E., BUCHANAN B. A., TUCKER H. A., 2000. Photoperiodic Effects on Dairy Cattle: A Review. *J. Dairy Sci.*, (83): 885-893.
20. DAUPHIN J.-M., 2007. Les rythmes de la savane. Série documentaire. France 5: 10 fév. 2007 (durée 50 min.)
21. DELANNOY S., 2007. L'adaptation des mammifères domestiques à la température. Synthèse bibliographique. Master 2e année, Biologie Géosciences Agroressources et Environnement, spécialité Productions Animales en Régions Chaudes, année universitaire 2006-2007. Montpellier, France, Cirad/Université Montpellier II, 37 p.
22. DENIS J. P., THIONGANE A. I., 1975. Note sur les facteurs conduisant au choix d'une saison de monte au CRZ de Dara (Sénégal). *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **XXVIII** (4): 491-497.
23. DE RENSIS F., SCARAMUZZI R. J., 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow -a review. *Theriogenology*, (60): 1139-1151.
24. DROST M., THATCHER W. W., 1987. Heat stress in dairy cows. Its effects on reproduction. *Food animal practice*, **3** (3): 609-618.
25. FAYEMI O., ADEGBITE O., 1982. Seasonal variations in sperm production of bulls in a tropical climate. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **35** (1): 69-72.
26. GALINA C.S., ARTHUR G.H., 1991. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 6. The male [Revue sur la reproduction des bovins dans les tropiques. Partie 6 : Le mâle]. *Animal Breeding Abstracts*, **59** (5): 403-412.
27. GAUTHIER D., 1984. Variations saisonnières de la production spermatique et du comportement sexuel des taureaux créoles en Guadeloupe. *In*: Reproduction des ruminants en zone tropicale. Colloques de l'INRA n° 20, 8-10 juin 1983, Pointe-à-Pitre., 501 p.
28. GAUTHIER D., THIMONIER J., 1984. Variations saisonnières des performances de reproduction des vaches créoles. *In*: Reproduction des ruminants en zone tropicale. Colloques de l'INRA n° 20, 8-10 juin 1983, Pointe-à-Pitre., p. 301-313.
29. GAUTHIER D., VARO H., 1985. Caractéristiques spermatiques des taureaux en Guadeloupe. Variations avec la race et la saison. *Ann. Zootech.*, **34** (4): 463-470.

30. GWASDAUSKAS F.F., 1985. Effects of climate on reproduction in cattle. *J. Dairy Sci.*, (68): 1568-1588.
31. HANSEN J., ARÉCHIGAT, 1999. Strategies for Managing Reproduction in the Heat-Stressed Dairy Cow. *J. Anim. Sci. / J. Dairy Sci.*, **77 / 82** (Suppl. 2/J . Suppl. 2/1999): 36-50.
32. IGBOELI G. , NWAKALOR L.N. , ORJI B.I. , ONUORA G.I., 1987. Seasonal variation in the semen characteristics of Muturu (*Bos brachyceros*) bulls. *Anim. Reprod. Sci.*, **14** (1): 31-38.
33. JOHNSON H.D., 1984. Heat stress effects on fertility and plasma progesterone. *In: Reproduction des ruminants en zone tropicale. Colloques de l'INRA n° 20*, 8-10 juin 1983, Pointe-à-Pitre, 419-432 p.
34. JU J.-C., JIANG S., TSENG J.-K., PARKS J. E., YANG X., 2005. Heat shock reduces developmental competence and alters spindle configuration of bovine oocytes. *Theriogenology*, **64** (8): 1677-1689.
35. KANUYA N. L., MATIKO M. K., NKYA R., BITTEGEKO S. B. P., MGASA M. N., REKSEN O., ROPSTAD E., 2006. Seasonal changes in nutritional status and reproductive performance of Zebu cows kept under a traditional agro-pastoral system in Tanzania. *Tropical Animal Health and Production*, **38** (6): 511-519.
36. KEVERNE B., 2006. Phéromones et reproduction. Les Brèves de Neuroendocrinologie. British Society for Neuroendocrinology. [wcentre.tours.inra.fr/societeneuroendocrino/Briefings/Briefing-Keverne-](http://wcentre.tours.inra.fr/societeneuroendocrino/Briefings/Briefing-Keverne-) [7 fev. 2007]
37. KUMI-DIAKA J. , OSORI D. , NAGARATNAM U., 1980. Spermiogram of Sokoto Gudali bulls in relation to season and ration supplementation in northern Nigeria. *British Vet. J.*, **136** (3): 222-227.
38. KUMI-DIAKA J. , NAGARATNAM V. , RWUANN J.S., 1981. Seasonal and age-related changes in semen quality and testicular morphology in a tropical environment. *British Veter. J.*, (108): 13-15.
39. LANDAIS E., 1983. Analyse des systèmes d'élevage bovin sédentaire du nord de la Côte d'Ivoire. Doctorat d'Etat Sciences Naturelles, Univ. Paris-Sud, Centre d'Orsay, 759 p.
40. LANDAIS E., 1984. Reproduction des bovins en élevage sédentaire dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *In: Reproduction des ruminants en zone tropicale. Colloques de l'INRA n° 20*, Pointe-à-Pitre, 8-10 juin 1983, Colloques de l'INRA n° 20. p. 113-133.
41. LEE D. K. H., 1953. Manual of field studies on the heat tolerance of domestic animals. FAO, Development paper n° 38, Rome, ed., 1 vol., 161 p.
42. LEYVA-OCARIZ H., QUERALES G., SAAVEDRA J., HERNANDEZ A., 1996. Corpus luteum activity, fertility, and adrenal cortex response in lactating Carora cows during rainy and dry seasons in the tropics of Venezuela. *Domestic Animal Endocrinology*, **13** (4): 297-306.
43. MAHO ANGAYA, 1988. Adaptation des vaches laitières de race Montbéliarde à la chaleur. Thèse Doct. vétér. n° 49, EISMV, Dakar, 88 p. + annexes.
44. MAMADOU T. T., 1993. Thermorégulation chez les bovins en région tropicale humide. Etude bibliographique. Thèse de Dr vétér., ENVL, Univ. Claude Bernard, Lyon, 77 p.
45. ORTAVANT R., 1974. Influence des facteurs climatiques sur la reproduction des bovins. ITEB-UNCEIA. Conduite du troupeau et reproduction. 97-116.

46. PAGOT J., 1956. Température corporelle des zébus et des métis zébus taurins sous les Tropiques. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop. (FRA)*, **9** (1): 21-41.
47. PAPARELLA G., 1974. Physiologie et pathologie de la reproduction chez le zébu. Mémoire pour le titre Maître es Sciences Véter., ENVA, pathologie de la reproduction, 216 p.+ bibliographie 23 p.
48. PARKINSON T.J., 1985. Seasonal variation in semen quality of bulls and correlations with metabolic and endocrine parameters. *The Veterinary Record*, (117): 303-307.
49. PONGPIACHAN P., RODTIAN P., OTA K., 2003. Effects of tropical climate on reproduction of cross- and purebred Friesian cattle in Northern Thailand. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, **16**: 952-961.
50. PONSART C., PONTER A.A., HUMBLLOT P., 2003. Canicule, sécheresse et reproduction chez les bovins. Relations avec l'alimentation. *BTIA*, (312): 3-18.
51. QUESNEL H., BOULOT S., LE COZLER Y., 2005. Les variations saisonnières des performances de reproduction chez la truie. *Prod. Anim. INRA*, (18) : 101-110.
52. RAY D. E., HALBACH T. J., ARMSTRONG D. V., 1992. Season and Lactation Number Effects on Milk Production and Reproduction of Dairy Cattle in Arizona. *J Dairy Sci* 1992 **75**: 2976-2983.
53. REKWOT P.I. , VOH A.A. , OYEDIPE E.O.J., OPALUWA G.I. , SEKONI V.O. , DAUDA P.M., 1987. Influence of season on characteristics of ejaculate from bulls in an artificial insemination centre in Nigeria. *Anim. Reprod. Sci.*, (14): 187-194.
54. RENAUDEAU D., 2001. Adaptation nutritionnelle et physiologique aux températures ambiantes élevées chez la truie en lactation. Thèse de doctorat, Univ. de Rennes 1.
55. ROCHA A, RANDEL R.D., BROUSSARD J.R., LIM J.M., BLAIR R.M., ROUSSEL J.D., GODKE R.A. , Hansel W., 1998. High environmental temperature and humidity decrease oocyte quality in *Bos taurus* but not in *Bos indicus* cows. *Theriogenology*, **49** (3): 657-665.
56. SEKONI V.O., GUSTAFSSON B.K., 1987. Seasonal variations in the incidence of sperm morphological abnormalities in dairy bulls regularly used for artificial insemination. *Br. Vet. J.*, **143** (4): 312-317.
57. SEKONI V.O., KUMI-DIAKA J. , SAROR D.I., NJOKU C.O., OLORUNJU S.A., 1988. Seasonal and monthly variations in the incidence of morphological abnormalities in bovine spermatozoa in Shika, Zaria, Northern Nigeria. *Anim. Reprod. Sci.*, **17** (1-2): 61-67.
58. TAMBOURA H. H., 1989. Influence du climat sur la production spermatique et la qualité du spermogramme de taureaux reproducteurs (de sang "N'Dama") en zone forestière tropicale humide. Mémoire pour le Diplôme d'Etudes Approfondies d'Ecologie Trop., 84 p.
59. TATMAN S. R., NEUENDORFF D. A., WILSON T. W., RANDEL R. D., 2004. Influence of season of birth on growth and reproductive development of Brahman bulls. *Theriogenology*, **62** (1-2): 93-102.
60. THIMONIER J., GAUTHIER D., 1984. Seasonality of reproduction in cattle and its consequences on reproduction management. Versailles INRA Publ.. The reproductive potential of cattle and sheep. p. 141-157.

61. TUDORASCU R., PETRESCU G., 1974. Zootechnie générale. Kinshasa (Zaïre), Univ. Nationale du Zaïre (Collection "Cours Universitaires"). Presses Univ. du Zaïre. 1 vol. 249 p.
62. UCO, sd. De la sexualité animale à la sexualité humaine.  
[www.uco.fr/~cbourles/DIU\\_sex/Sex\\_anim.htm](http://www.uco.fr/~cbourles/DIU_sex/Sex_anim.htm) [7 fév. 2007]. DIU de Sexologie, Ethologie et sexualité. Univ. Catholique de l'Ouest (UCO), 39 p.
63. YAVAS Y., WALTON J. S., 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: A review. *Theriogenology*, **54** (1): 25-55.

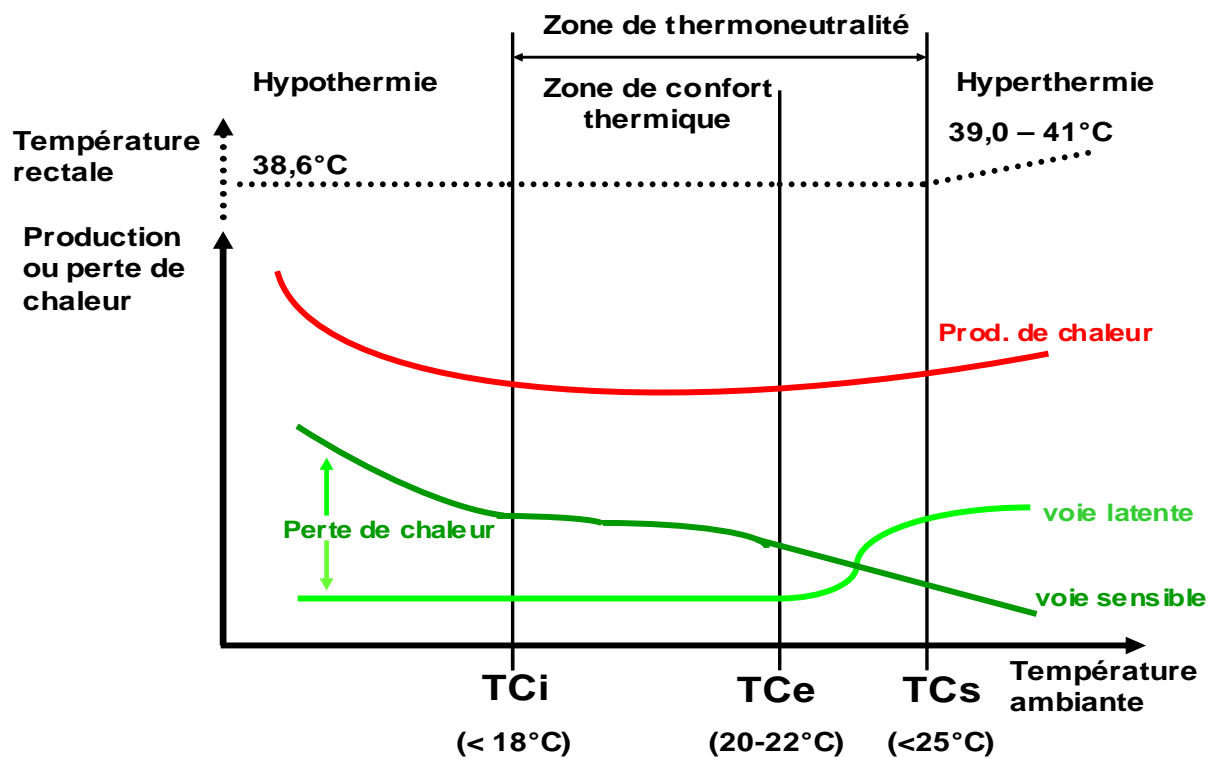


Figure 1 : Influence de la température ambiante sur les échanges de chaleurs et la température rectale. Cas de la truie allaitante (d'après 54, in 21)

T<sub>CI</sub> : Température critique inférieure  
T<sub>Ce</sub> : Température critique d'évaporation  
T<sub>Cs</sub> : Température critique supérieure

%

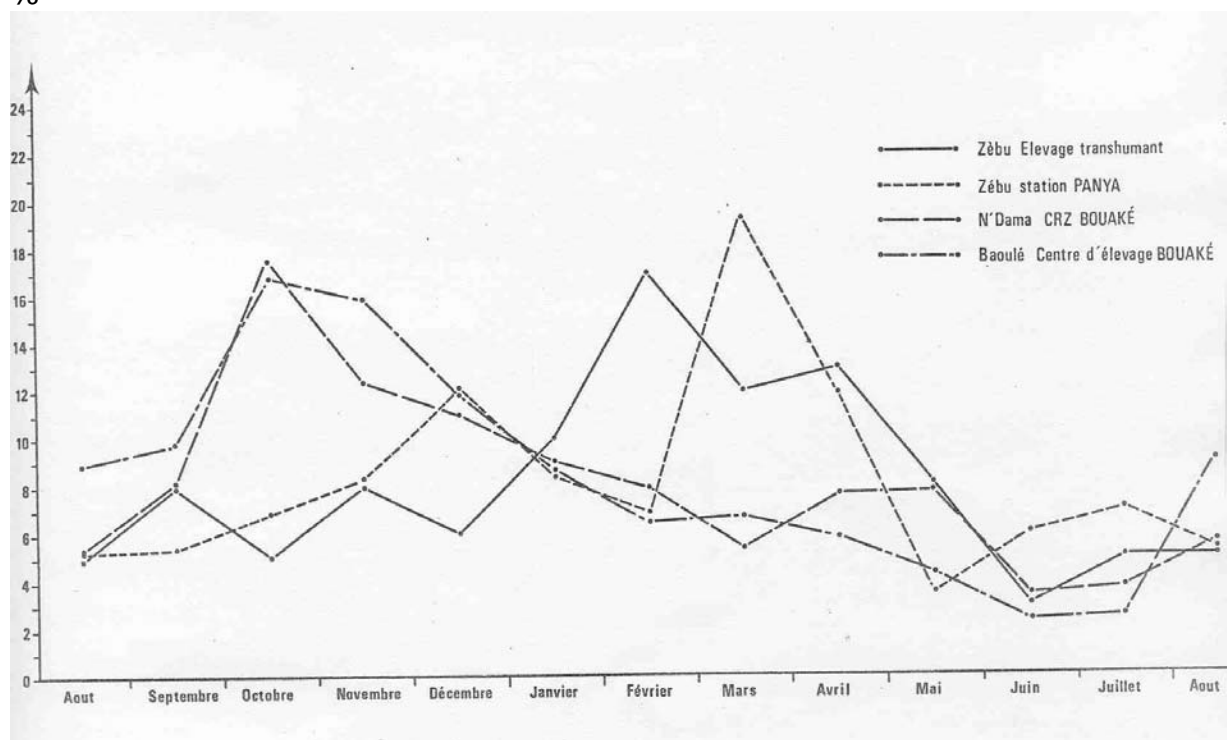


Figure 2 : Distribution mensuelle des mises bas de zébus et de taurins dans divers milieux d'élevage au nord de la Côte d'Ivoire (source : 39)

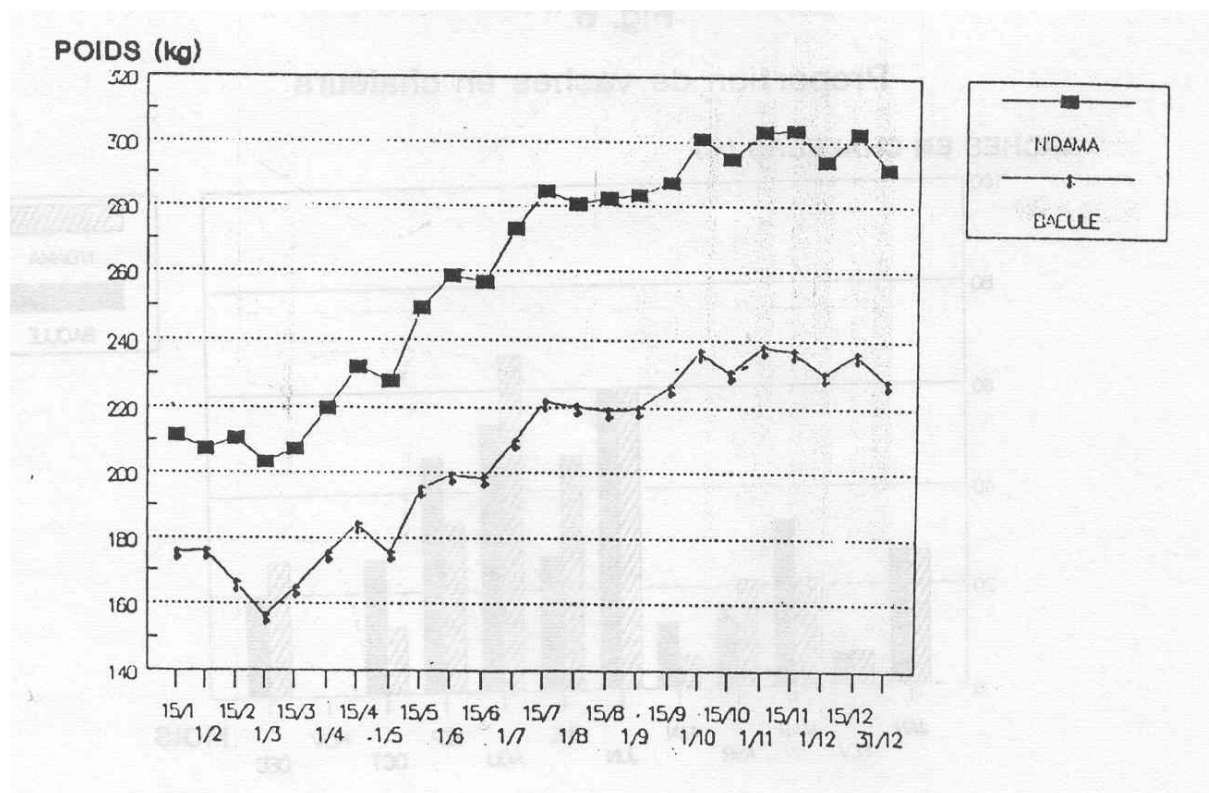


Figure 3 : Variations saisonnières des poids des vaches N'Dama et Baoulé en station à Bouaké (Côte d'Ivoire)



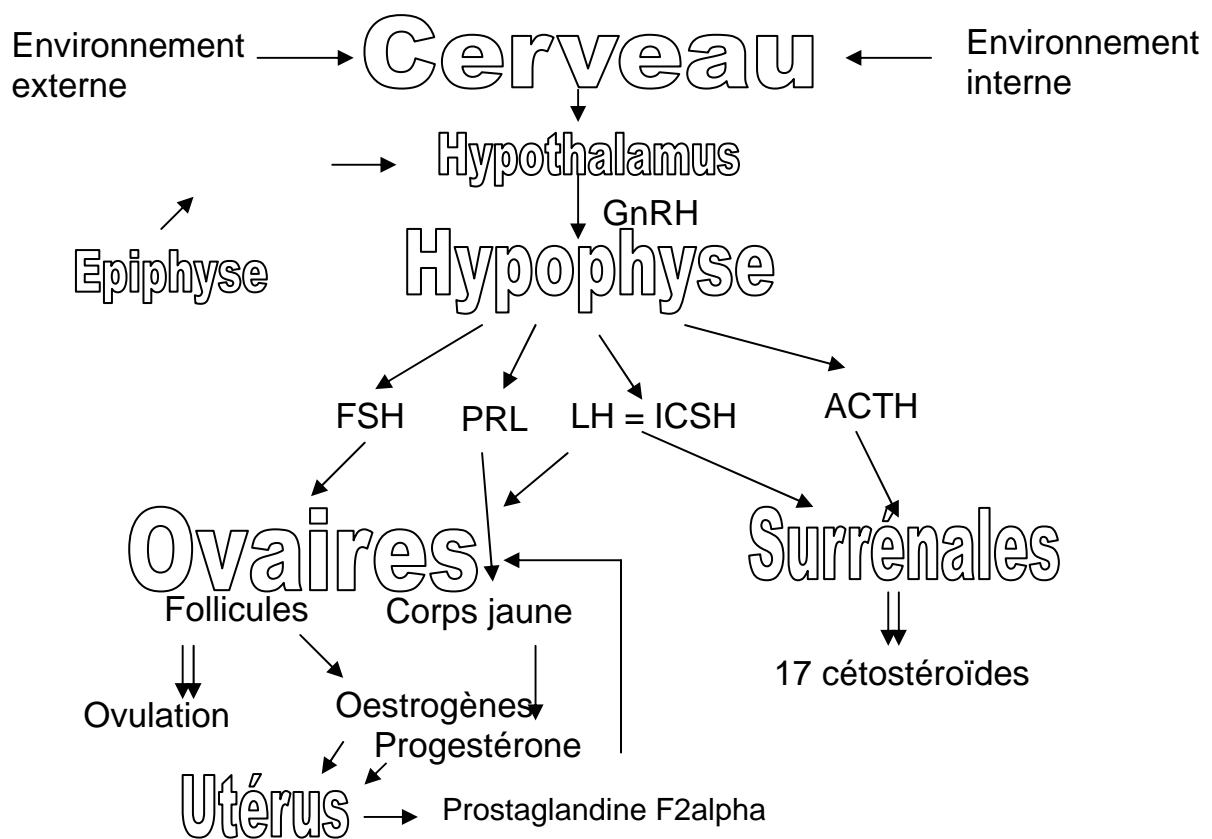


Figure 4 : Schéma de la régulation hormonale de la reproduction chez la femelle

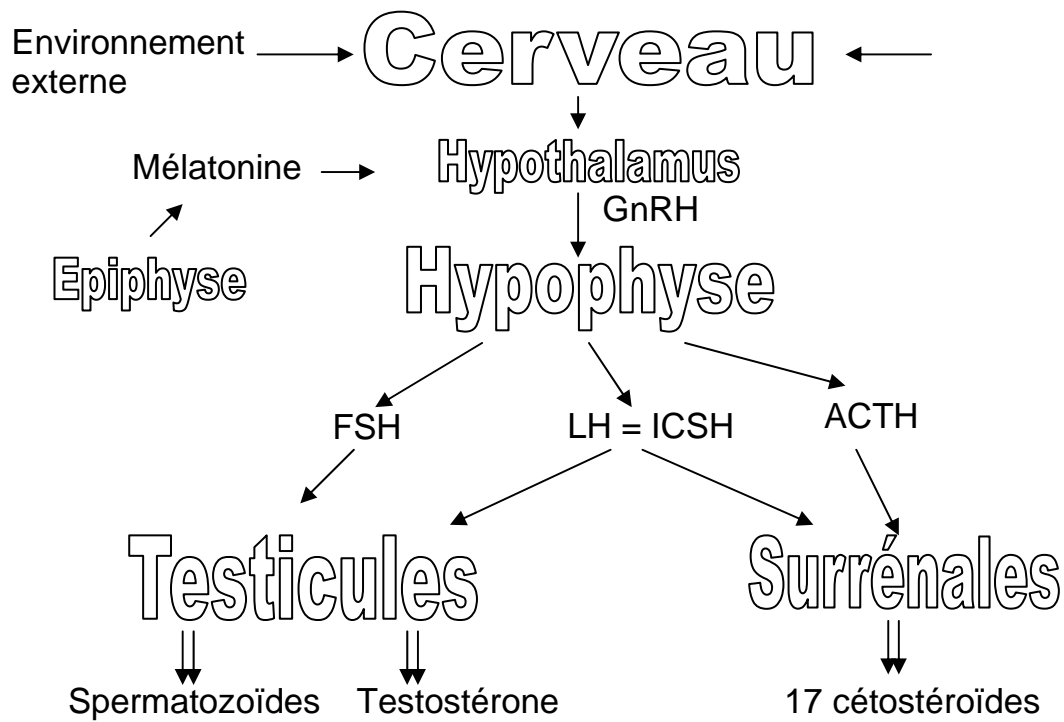


Figure 5 : Schéma de la régulation hormonale de la reproduction chez le mâle

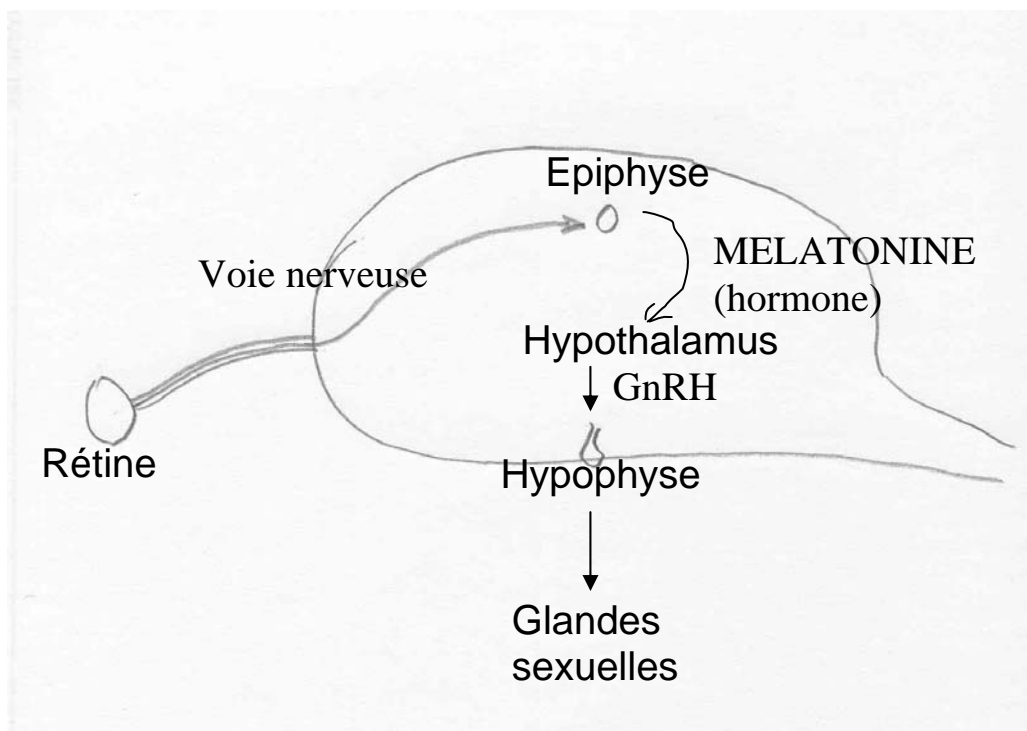


Figure 6 : Mécanisme d'action de la mélatonine